Algerian Journal of Arid Regions
Journal Algérien des Régions Arides *JARA*

Article

Impacts de l'hydro-halomorphie des sols sur la distribution de la végétation des zones humides du N-E du Sahara septentrional algérien

Koull Naima[1,2*]

[1] Centre de Recherches Scientifiques et Technique sur les Régions Arides. CRSTRA, Station milieu biophysique Oued Righ. RN N°03 Aïn Sahera Nezla Touggourt, Algérie.
[2] Laboratoire de Bio-ressources Sahariennes, Préservation et Valorisation. Université Kasdi Merbah-Ouargla, Ouargla,Algérie
* Correspondence: kllnaima@gmail.com , koull.naima@crstra.dz Tél : +213663200699

Résumé : L'objectif de cette étude est la détermination de l'impact des caractéristiques du sol sur la végétation des zones humides Sahariennes. L'étude de la flore, réalisée en (2009-2011), a révélé la présence de 17 espèces appartenant à 10 familles, avec une importance de la famille des Amaranthacées avec 06 différentes espèces. Les types biologiques les plus fréquents sont les Chaméphytes (41%) et les Géophytes (17%). La majorité des espèces inventoriées dans les cinq stations sont des halophytes et des hydro-halophytes. Les sols sont neutres à alcalins, hydromorphes et très salés à extrêmement salés. L'analyse canonique de correspondances (ACC) montre que la salinité et l'hydromorphie sont les principaux facteurs qui influent la distribution et la croissance des plantes. La végétation semble structurée suivant le gradient de salinité et d'humidité du sol. On a observé que *Halocnemum strobilaceum* poussait dans des sols fortement salins, étant ainsi l'espèce la plus tolérante au sel. Les *Phragmites communis* étaient largement distribuées dans les sols les plus humides avec une forte densité sur les bords du plan d'eau. *Juncus maritimus*, *Tamarix gallica* et *Salicornia fructicosa* poussent dans des sols partiellement ou totalement inondés en hiver. *Suaeda fructicosa*, *Traganum nudatum*, *Arthrocnemum glaucum*, *Aeluropus littoralis*, *Cressa cretica* et *Cynodon dactylon* ont été distribués dans des sols salés et humides loin du plan d'eau. Le *Zygophyllum album*, *Limonastrirum guyonianum*, *Cornulaca monacantha*, *Cistanche tinctoria*, *Mollugo nudicaulis* et *Sonchus maritimus* ont été trouvé dans des sols moins salés et moins humides. Ils constituaient la ceinture de végétation la plus externe des zones humides étudiées.

Mot clés : zones humides ; halo-hydromorphie, végétation, sol, Sahara, Algérie

Received : 21 December 2022
Accepted : 19 January 2023

Citation : Koull, N. Impacts de l'hydro-halomorphie des sols sur la distribution de la végétation des zones humides du Nord-est du Sahara septentrional algérien. *Journal Algérien des Régions Arides* 2023, 15 (1): 82–89.

Publisher's Note: ASJP is an electronic publishing platform for Algerian scientific journals managed by CERIST, that is not responsible for the quality of content posted on ASJP.

Copyright: © 2022 by the **CRSTRA**. Algerian Journal of Arid Regions is licensed under a Creative Commons Attribution Non Commercial 4.0 (CC BY NC) license.

1. Introduction

Malgré les conditions climatiques rudes, le Sahara septentrional algérien renferme plusieurs zones humides. Ce sont des systèmes hydrologiques positifs à la fois dans l'espace et dans le temps, comparativement à leurs environnements plus secs [1]. Ils sont caractérisés par des eaux et des sols salés impropres à la croissance de la plupart des plantes et seules persistent les espèces susceptibles de supporter la salure [2]. La végétation des terrains salins et gypso-salins du Sahara septentrional est relativement variée et plus riche du point de vue floristique [3]. Parmi lesquelles on cite les associations d'hyperhalophiles de *Halocnemum strobilaceum* qui localise les sebkhas asséchées en été ; l'association halo-gypsophiles de *Zygophyllum album* et *Traganum nudatum* ; l'association de *Suaeda vermiculata* et *Salsola foetida* qui est liée aux sables limoneux, fortement chargés en gypse.

Ces zones revêtent une importance nationale sur le plan de sa richesse en patrimoine floristique et faunistique. La préservation et le développement de ces zones passent impérativement par la connaissance de toutes ses richesses et ses interactions avec son environnement. Dans ce contexte, plusieurs études ont été menées sur l'effet des conditions environnementales sur la végétation des zones arides, telles que : [4-13].

La présente étude se propose de chercher des relations sol-végétation, à travers l'étude de l'impact de l'hydro-halomorphie sur la biogéographie des espèces végétales des zones humides sahariennes. Elle a pour objectifs d'une part une contribution à la connaissance des sols hydro-halomorphes en zones arides, et d'autre part, à travers une étude le long d'un gradient d'hydro-halomorphie, tenter de montrer l'impact de l'hydro-halomorphie sur la composition floristique des habitats.

2. Matériels et Méthodes

Le Sahara septentrional Algérien recèlent d'importantes zones humides. Huit zones humides ont été choisis et étudiées (trois à Ouargla et cinq à l'Oued Righ) (Figure 1) dont trois sont classées, selon la convention de RAMSAR en 2004, comme des zones humides d'importance internationale. Ce sont les chotts de ; Aïn El Beida, Oum El-Ranneb et Sidi Slimane. Des échantillons de végétation et de sol ont été prélevés au cours des quatre saisons des deux années (2009-2011).

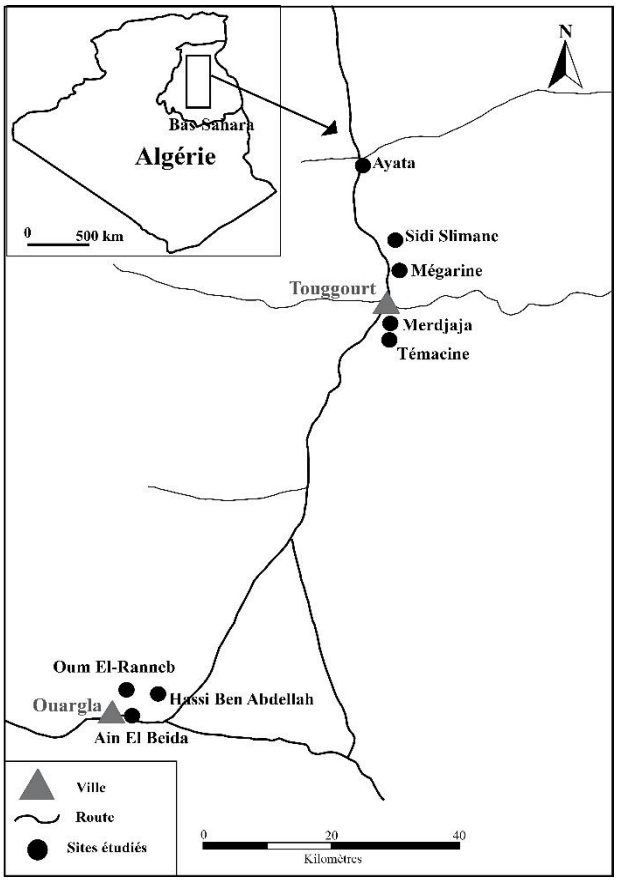

Figure 1. Localisation des zones humides étudiées.

La végétation autour de chaque zone humide saline a été échantillonnée le long de 4 transects avec la moindre micro-topographiques s'étendant perpendiculairement au bord de l'eau. Les quadras (ayant chacun 4 sous-quadras d'une superficie de 5 m×5 m séparés par une distance de 50cm) utilisées pour échantillonner la végétation de chaque site le long des lignes de transect étaient de 21,5m×5m [14]. Nous avons échantillonné au total 36 quadras selon la formulation de Gounot [15] pour estimer les différents paramètres

quantitatifs tels que la densité et le recouvrement de la végétation dans chaque quadra (100 m²). Nous avons identifié des espèces et la nomenclature des taxons végétaux d'après les études de [16], [17], [18] et [19]. Nous avons collecté des échantillons du sol de la couche 0–30 cm, en fonction de la profondeur de la zone racinaire des plantes désertiques halophytes, qui est généralement répartie entre 15 et 30 cm [20]. Nous avons recueilli 16 échantillons de sol pour chaque quadrat à chaque saison pendant deux ans. Au total, 128 échantillons de sol ont été prélevés sur chaque site. Les paramètres du sol mesurés sont : la CE, H% et le pH.

Dans cette étude, les données sont traitées avec le logiciel Statistica 6. et nous avons utilisé l'Analyse Canonique des Correspondances (CCA) pour analyser la relation entre le sol et la végétation.

3. Résultats et Discussion

Les résultats analytiques des échantillons du sol ont montré une forte variabilité des facteurs d'halomorphie et d'hydromorphie (conductivité électrique et humidité) (Tableau 1). Les zones humides ont été caractérisées par des sols salins à extrêmement salins selon l'échelle d'Aubert [21]. Les grandes valeurs de conductivité électrique reflètent l'existence de croûtes de sel sus-jacentes. La conductivité électrique atteint sa valeur maximale (18,27 dS/m au chott Sidi Slimane). En effet, Halitim [22] a indiqué que les sols fortement salins sont localisés dans les chotts sahariens. La forte salinité du sol est due à une accumulation des sels dans le sol sous l'effet de la forte évaporation des eaux de la nappe phréatique très chargée. Celles-ci, à leur tour, sont influencées par la topographie et les facteurs hydrogéologiques (drainage, par exemple). Barrett [9] a indiqué que la salinité du sol est fortement influencée par la profondeur des eaux souterraines et la texture du sol dans les lacs salés des régions semi-arides.

Les résultats analytiques montrent aussi que les sols des zones étudiées sont caractérisés par des taux d'humidité supérieure à 14%. Les sols de chott Ain El Beida et de chott Sidi Slimane sont les plus humides, cette différence est expliquée par la variation de la texture et la structures des sols, la présence d'une croute gypseuse qui bloque l'infiltration des eaux et le niveau des eaux phréatiques. L'humidité des sols augmente en hiver et diminue ensuite au printemps. Cette variation est liée directement à la fluctuation du niveau de la nappe phréatique qui monte à la surface du sol en hiver et descend au profondeur en été. L'humidité du sol dans toutes les stations prend une allure descendante tout en s'éloignant du centre de la sebkha ou du lac, proportionnellement à la variation du niveau de la nappe phréatique.

Les sols des zones humides étudiées sont neutres à alcalins avec un pH variant de 7.08 à 7.66 selon l'échelle de [23]. La diminution du pH en hiver dans la *plupart* des stations est liée directement à la réaction de la solution du sol qui est influencée aussi bien par la faune que par sa couverture végétale.

Tableau 1: Variation saisonnière des caractéristiques du sol .

	Autumne	**Hiver**	**Printemps**	**Été**
Chott Ain El Beida				
CE /dS m^{-1}	16.49±4.71	14.21±3.90	15.29±4.92	16.67±5.06
pH	7.38±0.26	7.48±0.27	7.51±0.13	7.56±0.17
H /%	23.01±6.41	27.76±5.88	26.15±5.69	20.43±6.30
Chott Oum El-Ranneb				
CE /dS m^{-1}	9.57±0.68	8.85±0.52	9.46±0.64	10.03±0.62
pH	7.12±0.19	7.07±0.18	7.31±0.14	7.30±0.12
H /%	17.17±5.56	22.44±6.18	20.60±6.41	14.19±4.39
Lac Hassi Ben Abdallah				
CE /dS m^{-1}	6.07±1.38	4.64±1.24	5.15±1.40	5.85±1.40
pH	7.37±0.25	7.35±0.22	7.42±0.24	7.57±0.13

H /%	15.80±4.19	20.13±3.52	20.91±3.66	15.24±3.98
Lac Ayata				
CE /dS m^{-1}	13,88±0,26	12,14±0,06	11,27±0,57	13,41±0,02
pH	7,2±0,12	6,95±0,04	6,99±0,01	7,16±0,19
H /%	13,76±0,04	15,88±0,25	16,23±0,17	13,27±0,16
Lac Megarine				
CE /dS m^{-1}	8,03±0,27	7,00±0,32	7,66±0,01	8,59±0,04
pH	7,59±0,05	7,57±0,06	7,62±0,08	7,73±0,02
H /%	19,47±0,16	22,19±0,44	21,25±0,71	19,03±0,50
Lac Merdjaja				
CE /dS m^{-1}	4,91±0,27	4,48±0,17	4,73±0,11	5,39±0,05
pH	7,21±0,33	6,88±0,06	7,40±0,34	7,64±0,01
H /%	14,34±0,42	16,78±0,21	17,01±0,17	14,56±0,48
Chott Sidi Slimane				
CE /dS m^{-1}	17,89±0,45	16,54±0,45	16,97±0,39	18,27±1,02
pH	7,17±0,31	6,96±0,25	7,16±0,33	7,45±0,42
H /%	23,06±1,29	28,77±0,52	24,78±1,34	20,02±1,02
Lac Temacine				
CE /dS m^{-1}	8,62±0,45	7,90±0,45	8,31±0,39	9,40±0,48
pH	7,65±0,31	7,54±0,05	7,68±0,33	7,75±0,1
H /%	15,43±0,15	17,44±0,32	16,64±0,66	15,11±0,81

L'étude de la végétation, nous a permis de recenser 17 espèces végétales appartenant à sept (07) familles dans la zone d'étude (tableau 2), présentées par 16 espèces vivaces et 1 espèce éphémère. La végétation naturelle des zones humides salines étudiées était composée de communautés végétales halophytes et hydro-halophytes. Khan [24] a indiqué que les habitats salins sont caractérisés par une communauté végétale spécifique, en particulier dans les déserts. Les Chaméphytes étaient la principale forme de vie dans les sites étudiés, représentant 41% de toutes les espèces. Ils étaient surtout représentés par les espèces d'Amaranthacées. Les Géophytes étaient représentés par quatre espèces (23,5 % de toutes les espèces). De plus, les Thérophytes, les Hélophytes et les Phanérophytes avaient le même nombre d'espèces (2 espèces pour chacune).

Il y avait une absence de plantes immergées ou flottant dans l'eau. Le climat aride et la structure instable du sol (texture sableuse et structure particulaire avec des particules espacées) [25] ont favorisé le développement d'espèces à cycle de vie court, notamment les Thérophytes. Cependant, la nappe saline peu profonde a favorisé le développement des halophytes, notamment de la famille des Amaranthacées, représentant une bonne adaptation aux conditions environnementales [26]. Les taxons végétaux de la zone d'étude ont des adaptations non seulement pour la salinité élevée du sol mais aussi pour les périodes longues et chaudes de l'été, et la plupart d'entre eux ont des caractéristiques xérohalophytiques [27].

Tableau 2: Liste des espèces végétales recensées dans les sites étudiés.

Familles	Espèces	Auteurs.	Forme de vie
Amaranthaceae	*Halocnemum strobilaceum*	(Pall.) M.Bied.	Chamaephytes
	Arthrocnemum glaucum	(Del.)	Chamaephytes
	Traganum nudatum	(Del.)	Chamaephytes
	Salicornia fructicosa	(Forssk)	Chamaephytes
	Suaeda fructicosa	L.	Chamaephytes

	Cornulaca monacantha	(Del.)	Chamaephytes
Juncaceae	*Juncus maritimus*	Asch. & Buchen.	Helophytes
Poaceae	*Aeluropus littoralis*	(Gouan.) Parl.	Geophytes
	Cynodon dactylon	(L.) Pers.	Geophytes
	Phragmites communis	Trin.	Helophytes
Asteraceae	*Sonchus maritimus*	L.	Geophytes
Tamaricaceae	*Tamarix gallica*	L.	Phanerophytes
Zygophyllaceae	*Zygophyllum album*	L.	Chamaephytes
Molluginaceae	*Mollugo nudicaulis*	Lam.	Therophytes
Plombaginaceae	*Limoniastrum guyonianum*	Dur. Boiss.	Phanerophytes
Convolvulaceae	*Cressa cretica*	L.	Therophytes
Orobanchaceae	*Cistanche tinctoria*	(Forssk) Beck.	Parasites

Relation sol-végétation

Les habitats étudiés ont montré des fluctuations de l'humidité et de la salinité du sol tout au long de l'année. Les sols salins de la zone d'étude ont causé un grand stress sur la diversité biologique, et seules les espèces ayant des adaptations pour tolérer cet environnement difficile peuvent survivre. Dans cette étude, nous avons utilisé l'ACC pour déterminer les facteurs environnementaux influençant la répartition de la végétation dans les milieux humides salins, en nous basons uniquement sur le recouvrement des espèces végétales (tableau 3). Selon les résultats de l'ACC, le premier axe des composantes explique 67,343 % de la variance totale. Les Axes 1&2 expliquent 84,901 % de la variance totale. Les espèces végétales présentées sur le plan de l'ACC peuvent être classées en cinq groupes (figure 2). Le groupe I, du côté positif de l'axe 1, comprenait deux espèces (*Phragmites communis* et *Juncus maritimus*) abondantes principalement dans le Chott Sidi Slimane. Ce site était caractérisé par des sols très salés et humides ce qui expliquait la corrélation positive significative de *P.communis* et *J. maritimus* avec la CE du sol, l'humidité situés du même côté du plan de ACC (Figure 2). Rogel [28] a souligné que *J. maritimus* pousse dans sols inondés à long terme avec une salinité élevée. Le groupe II, du côté positif inférieur de l'axe 1 (figure 2), comprenait *Zygophyllum album*, *Limoniastrum guyonianum*, *Cornulaca monacantha* et *Cistanche tinctoria*. Ces espèces sont principalement habitent dans le lac Merdjaj. Nous avons constaté que les sols du lac Merdjaja étaient les moins salés et les moins humides. Le groupe III, du côté négatif de l'axe 1, comprenait *Aeluropus littoralis*, *Cynodon dactylon*, *Sonchus maritimus*, *Mollugo nudicaulis* et *Suaeda fructicosa*. Ces espèces présentaient une corrélation négative significative avec la salinité du sol, ce qui explique leur absence des sols les plus salés du chott de Sidi Slimane, Chott Ain El-Beida, Chott Oum Ranneb et du lac Ayata. Le groupe IV, réparti dans la partie centrale supérieure du graphique, comprenait trois espèces, à savoir *Salicornia fructicosa*, *Traganum nudatum* et *Arthrocnemum glaucum*. Ces espèces étaient positivement corrélées avec la salinité du sol et négativement corrélées avec l'humidité et le pH du sol. Ces espèces ne sont distribuées que dans le lac Ayata. Le groupe V était situé au centre du graphique et comprenait *Halocnemum strobilaceum*, *Tamarix gallica* et *Cressa cretica*. *H. strobilaceum* et *T. gallica* sont largement distribués dans toutes les zones humides étudiées. *H. strobilaceum* était significativement corrélé à la salinité et à l'humidité du sol. La répartition des espèces végétales le long de l'axe ACC a révélé que la répartition spatiale de la végétation entre les habitats salins et le bord de l'eau environnante n'est pas accidentelle. Elle est causée par l'interaction de variables environnementales, y compris les caractéristiques du sol (salinité et humidité) et les facteurs climatiques. Selon l'étude de [29], la structure en mosaïque des plantes zonales reflète l'hétérogénéité des facteurs environnementaux, dont principalement l'humidité et la salinité du sol. De point de vue pédologique, les halophytes n'ont pas d'exigences strictes pour coloniser les bords des sebkhas où le caractère salin est perceptible [30]. Koull [31] a indiqué que la salinité et l'humidité du sol affectent la distribution de la végétation dans les zones humides salines. Ceci est en accord avec d'autres

études qui ont montré que ces deux variables ont une forte influence sur la distribution des plantes dans les habitats salins (e.g. [29]; [10]; [32]). Bien qu'il existe de nombreuses études axées sur la zonation de la végétation dans les habitats salins ([33]; [34]; [35]), la végétation des habitats salins dans les zones arides est encore peu étudiée. À la suite de ces études, nous avons constaté que la distribution de la végétation est structurée selon un schéma de zonage précis dans la zone d'étude.

Tableau 3 : Variance (%) of axes suivant l'Analyse Canonique de Correspondance (ACC)

	Components			
	1	2	3	4
Total	62,538	16,305	12,703	1,319
Variance (%)	67,343	17,558	13,679	1,420
Cumule (%)	67,343	84,901	98,580	100,000

Dans cette étude, l'espèce peut être divisée en plusieurs ceintures parallèles entourant le bord de l'eau. *H. strobilaceum* appartient à la famille des Amaranthacées, connue pour avoir un mécanisme efficace pour tolérer la salinité et l'alcalinité du sol ([36]; [37]; [38]; [39]). Cette espèce est distribuée dans des environnements à forte teneur en CE et en humidité du sol et forme la première ceinture entourant le plan d'eau (notamment dans les chotts Ain El-Beida, Oum Ranneb et Sidi Slimane). *P. communis* est largement distribué dans la zone d'étude avec une forte densité. L'abondance de cette espèce est probablement favorisée par le drainage des eaux agricoles avec salinité modérée et teneur élevée en nutriments [40]. Ainsi, il est fortement stimulé par l'eau et forme des peuplements monospécifiques dans les zones humides salines. Les espèces de *J. maritimus*, *T. gallica* et *S. fructicosa* occupent partiellement ou totalement les sols inondés en hiver. Les espèces *S. fructicosa*, *T.nudatum*, *A.glaucum*, *A.littoralis*, *C.cretica* et *C.dactylon* poussent dans des sols salins et humides loin du bord de l'eau. *Z.album*, *L.guyonianum*, *C.monacantha*, *C.tinctoria*, *M.nudicaulis* et *S.maritimus*, répartis dans des sols moins salins et moins humides, sont éloignés du plan d'eau.

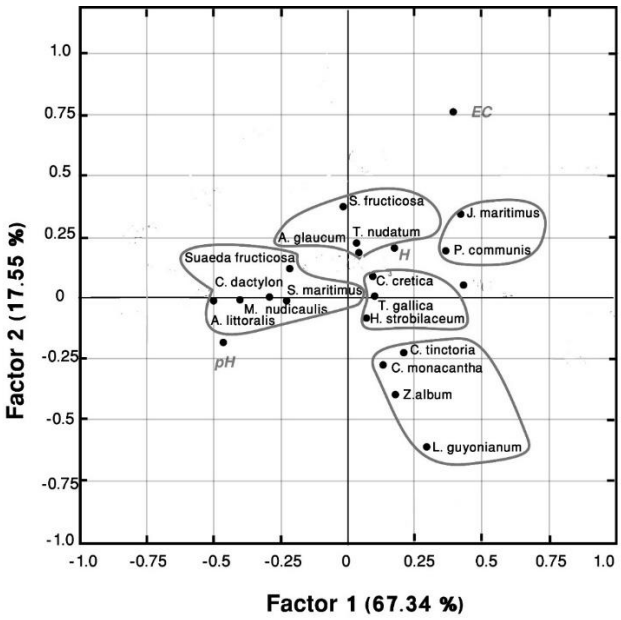

Figure 2: plan factoriel de l'Analyse Canonique de Correspondance de la relation sol-végétation.

4. Conclusions

Les zones humides étudiées ont une très faible richesse avec seulement 17 espèces végétales. Cette faible richesse floristique est directement liée aux conditions pédoclimatiques de la région saharienne. En effet, la détermination de la végétation peut aider à identifier les relations entre la distribution des types biologiques et les facteurs environnementaux. Bien que la couverture végétale diffère dans la zone d'étude, la répartition des plantes, en particulier en bordure du plan d'eau, est généralement formée d'un modèle zonal. Les habitats salins comprennent diverses espèces végétales avec différents degrés de tolérance au sel. Par conséquent, la répartition spatiale de la végétation dans les zones humides salines dépend de sa tolérance aux caractéristiques du sol (salinité et humidité) et conditions climatiques. Il parait que H. strobilaceum est l'espèce la plus tolérante au salinité. En général, d'autres études à travers des gradients géographiques faisant référence à la zonation des plantes des zones humides salés et aux propriétés du sol à grande échelle sont nécessaires pour optimiser l'utilisation des plantes comme bio-indicateurs dans les habitats salins. Cela peut aider à introduire les espèces végétales tolérantes au sel comme ressource fourragère dans les habitats salins et à régénérer les zones humides salines dégradées et pour la réhabilitation des sols dégradés par la salinité.

References

1. Heker H, Vives T. Statut et involontaire des zones humides dans la région méditerranéenne. IWR. Press. Oxford UK. 1995.
2. Ozenda P. Les végétaux dans la biosphère. Edition Doin, Paris. 1982..
3. Quezel P. La végétation du Sahara, du Tchad à la Mauritanie. Gustav Fisher Verlag: Stuggart. 1955.
4. Djebaili S. Steppe algérienne. Phytosociologie et écologie. OPU, Ben-Aknoun, Alger. 1984.
5. Le houérou HN. Salt-tolerant plants for the arid regions of the Mediterranean isoclimatic zone. In: Lieth H, Masoon A Al, eds. Towards the rational use of high salinity tolerant plants. vol. 1. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer. 1993.
6. Abdelkrim H. Approche phytoécologique et phyto-sociologique de quelques étages alfatiers de la région de Djelfa et Tébessa. Thèse Magistère. Institut National d'Agronomie, Alger. 1984.
7. Aidoud F. Contribution à l'étude des groupes de Sparte (Lygeum spartum L.) des hauts plateaux de Sud Oranien. Etude phytoécologique et taxonomique. Thèse Doctorat 3ème Cycle. Université des Sciences et Technologie, Houari Boumediene. Alger. 1984.
8. Benhouhou S.S, Dargie T.C.D and Gilbert O.L. Vegetation associations in the Ougarta Mountains and dayas of the Guir Hamada, Algerian Sahara. *Journal of Arid Environments* 2003; 54: 739-753.
9. Barrett G. Vegetation communities on the shores of a Salt Lake in semi-arid Western Australia. *Journal of Arid Environments* 2006; 67: 77-89.

10. Khaznadar M, Vogiatzakis I.N and Griffiths G.H. Land degradation and vegetation distribution in Chott El Beida wetland, Algeria. *Journal of Arid Environments* 2009 ; 73 : 369-377.
11. Ferchichi-Ben Jamaa H, Serge D, Muller A et al. Structures de la végétation et conservation des zones humides temporaires méditerranéennes : la région des Mogods (Tunisie septentrionale). Comptes Rendus Biologies. *Academy of sciences* 2010 ; 333 : 265-279.
12. Chenchouni H. Diversité Floristique d'un lac de Bas Sahara Algérien. *Acta Botanica Malacitana* 2012; 37: 33-44.
13. Nedjimi B. Seasonal variation in productivity, water relations and ion contents of *Atriplex halimus* spp. Schweinfurthii grown in Chott Zehrez wetland, Algeria. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 2012; 11: 43-49.
14. Rogel J.Á, Silla R.O and Ariza F.A. Edaphic characterization and soil ionic composition influencing plant zonation in a semiarid Mediterranean salt marsh. *Geoderma* 2001 ; 99 :81-98.
15. Gounot M. Méthodes d'études quantitative de la végétation. Masson et Cie. Paris.1969.
16. Quezel P et Santa S. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I.C.N.R.S. Paris, France. 1962.
17. Chehma A. Catalogues des plantes spontanées du Sahara Septentrional algériens. Labo. Eco. Sys., Univ. Ouargla. Algérie. 2006..
18. Halis Y. Atlas des plantes de la région de Souf, les plantes sahariennes de grand Erg Oriental. Ed. El Walid. El Oued. Algérie. 2007.
19. Kherraze M.E, Lakhdari K, Kherfi Y et al. Atlas Floristique de la vallée de l'Oued Righ par écosystèmes. Centre de Recherches Scientifiques et Techniques sur les Régions Arides. Ed. Guerfa, Biskra, Algérie. 2010.
20. Slimani N. Caractérisation de quelques propriétés d'adaptation au milieu saharien des principales plantes vivaces spontanées de la région de Ouargla. Thèse magistère. Université Kasdi Merbah Ouargla. Algérie. 2008.
21. Aubert G. Méthodes d'analyses des sols. C.R.D.P. Marseille. 1978.
22. Halitim A. Sols des régions arides d`Algérie. Ed. OPU. Alger. 1988.
23. Soltner D. The Bases of the Vegetable Production, Volume 1: Ground. Anger: CSTA. 1989.
24. Khan MA. The relationship of seed bank to vegetation in a saline desert community. In: Sen DN, Mohammad S. *Proceedings International Seed Symposium. India: Jodhpur* 1990; 135-145.
25. Khadraoui A. Sols et hydraulique agricole dans les Oasis Algériennes (Caractérisation, contraintes et propositions d'aménagement). Ed. Dar Houma, Alger. 2007.
26. Le Houérou H.N. The role of saltbushes (Atriplex sp.) in arid land rehabilitation in the Mediterranean Basin: A review. *Agroforestry systems* 1992; 18: 107-148.
27. Tug G N, Ketenoglu O, Bilgin A. The relationships between plant zonation and edaphic factors in halophytic vegetation around Lake Tuz, Central Anatolia, Turkey. *Rendiconti Lincei* 2012; 23(4): 355-363.
28. Rogel J.A, AlcarazAriza F and Ortiz Silla R. Soil salinity and moisture gradients and plant zonation in Mediterranean salt marshes of Southeast Spain. *Wetlands* 2000; 20: 357-372.
29. Brown G. The Sabkha vegetation of the United Arab Emirates. In: Khan MA, Boer B, Kust GS, Barth HJ, editors. Sabkha Ecosystems: Volume II: West and Central Asia. Dordrecht: *Springer* 2006; 37–51.
30. Aboura R, Benmansour D, Benabadji N. Comparison and phyto-ecology of Atriplex of Oran (Algeria). *International Journal of Mediterranean Ecology* 2006; 32: 73-84.
31. Koull N, Chehma A. Soil-vegetation relationships of saline wetlands in North East of Algerian Sahara. *Arid Land Research and Management* 2015; 29(1): 72-84.
32. González-Alcaraz M N, Jiménez-Cárceles F J, Álvarez Y, et al. Gradients of soil salinity and moisture, and plant distribution, in a Mediterranean semiarid saline watershed: A model of soil-plant relationships for contributing to the management. *Catena* 2014; 115: 150-158.
33. Snow A A, Vince S W. Plant zonation in an Alaskan salt marsh: II. An experimental study of the role of edaphic conditions. *Journal of Ecology* 1984; 72(2): 669-684.
34. Bertness M D, Ellison A M. Determinants of pattern in a New England salt marsh plant community. *Ecology Monographs* 1987; 57(2): 129-147.
35. Pennings S C, Callaway R M. Salt marsh plant zonation: The relative importance of competition and physical factors. *Ecology* 1992; 73(2): 681-690.
36. Alkhverdiev F.D. Indicational significance of mosaicism of meadows with dominance the Shoregrass (Aeluropus littoralis) in the coastal portion of flatland Dagestan. *Soviet Journal of Ecology* 1988; 19:191-194.
37. Ayoub A T and Malcolm C V. Halophytes for Livestock, Rehabilitation of Degraded Land and Sequestering Atmospheric Carbon.UNP: Nairobi, Kenya. 1993.
38. Malcolm C V, Choukr-Allah R. Characteristics and methods for determining the drilling species for particular sites: In The Halophytes and Agriculture. Ed. Marcel Dekker Inc: New York. 1995.
39. Abd El-Ghani M.M, Amer W.M. Soil-vegetation relationships in a coastal desert plain of southern Sinai, Egypt. *Journal of Arid Environments* 2003; 55: 607-628.
40. Arce M I, Gómez R, Suárez M L, et al. Denitrification rates and controlling factors in two agriculturally influenced temporary Mediterranean saline streams. *Hydrobiologia* 2013;700(1): 169-185.